

Résumés – *Summaries*

5-9 septembre 1994

**Colloque interdisciplinaire
du Comité national
de la recherche scientifique**

Montpellier – France

Simulation d'un arbre en croissance : relations architecture / mécanique.

Th. FOURCAUD¹, F. BLAISE², P. LAC¹

1 - Laboratoire de Rhéologie du Bois de Bordeaux - UMR 123 CNRS, INRA, Univ. Bordeaux I Domaine de l'Hermitage BP 10 33610 Cestas Gaset.

2 - Unité de Modélisation des Plantes CIRAD BP 5035 34032 Montpellier CEDEX 01

Modélisation et simulation de la croissance des arbres.

.Mise en place de l'architecture aérienne. Une méthode originale de modélisation et de simulation de la croissance et de l'architecture des végétaux a été développée au CIRAD. Elle s'appuie sur les connaissances qualitatives apportées par l'école de Hallé [1] en architecture végétale et sur les méthodes quantitatives mises au point au CIRAD dans le cadre de l'AMAP [2] (fig.1). Ces méthodes sont basées sur la description du fonctionnement des bourgeons (croissance, mort, ramification) par des processus stochastiques. La simulation du modèle est assurée par le logiciel AMAPpara. Ce dernier permet d'établir l'architecture d'un arbre à un âge donné en faisant fonctionner parallèlement tous ses bourgeons selon leurs lois propres de croissance, de mort et de ramification. La gestion en parallèle des bourgeons actifs permet d'obtenir, à tout moment de la croissance, une topologie cohérente de l'arbre [3]. Le résultat de la simulation est une description géométrique en 3D de l'arbre qui est utilisée pour la visualisation, mais qui peut servir de base à d'autres applications tel le calcul des transferts radiatifs.

.Modèle de simulation de la grosseur des axes. La cohérence topologique de l'arbre permet de connaître le nombre d'unités de croissances feuillées susceptibles de produire des assimilats par photosynthèse. La quantité d'assimilats déposée le long des axes dépend du mode de diffusion utilisé (uniforme, non uniforme avec dépôt binomial ...). La simulation de ces modèles de diffusion permet de calculer la largeur des cernes internes résultant de la migration des assimilats (fig.2) [4].

Couplage architecture / biomécanique de l'arbre.

.Calcul des structures par pas. L'utilisation d'un algorithme de simulation du parallélisme dans AMAPpara permet de déterminer l'évolution du comportement mécanique d'une plante à chaque étape de son élaboration. A cet effet, un module de calcul mécanique utilisant la Méthode des Eléments Finis est actuellement développé au Laboratoire de Rhéologie du Bois de Bordeaux. Cette méthode s'appuie sur l'écriture d'une formulation incrémentale d'équilibre originale adaptée aux structures de volume variable [5]. Deux types de chargement sont pris en compte à chaque pas de croissance :

- l'incrément de poids propre de la structure (croissances primaire et secondaire);
- les précontraintes induites par les déformations de maturation du bois dans les cernes périphériques [6], [7]. Un différentiel de ces déformations dans une section droite entraîne une flexion des axes permettant à l'arbre de se réorienter (tropismes, recherche de la lumière ...) (fig.3).

.Applications. Ce module de calcul est totalement interactif avec le moteur de croissance AMAPpara. Il permet d'une part de calculer la géométrie des branches, d'autre part de déterminer l'évolution des contraintes mécaniques dans chaque cerne du tronc d'un arbre tout au long de sa croissance (fig.4), ceci en relation avec son architecture (répartition des

charges, largeur des cernes). Les applications de ce logiciel sont nombreuses et couvrent différents domaines de recherche. En particulier, il permet d'étudier l'influence des arcures des branches sur le mode de ramification chez certains arbres fruitiers (phénomènes d'épitonie). Il est aussi un outil pouvant permettre d'analyser la qualité du bois chez un arbre en peuplement (influence de la compétition sur le champ de contraintes dans la grume, influence de la présence de fourches etc. ...).

Références :

- [1] Hallé F., Oldeman R.A.A. et Tomlinson P.B., 1978. *Tropical Trees and Forest*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, 44 p.
- [2] Reffye (de) Ph., Blaise F. et Guedon Y., 1993. *Modélisation et simulation de l'architecture et de la croissance des plantes*. Revue du Palais de la Découverte, Vol.21, N°209, pp 22-48.
- [3] Blaise F., 1991. *Simulation du parallélisme dans la croissance des plantes et application*. Nouvelle thèse N°1071, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France.
- [4] Reffye (de) Ph. et al., 1994. *Essai sur les relations entre l'architecture d'un arbre et la grosseur de ses axes végétatifs*. Publication INRA (à paraître).
- [5] Fourcaud Th. et Lac P., 1993. *Modélisation mécanique de la croissance des végétaux*. Actes du Colloque National en Calcul des Structures, Giens, Var 11-14 mai 1993, Edition Hermès, Vol.1:131-140.
- [6] Archer R.R., 1986. *Growth stresses and strains in trees*. Springer Verlag series in Wood Science, Edited by E. Timell, 240p.
- [7] Fournier M., 1989. *Mécanique de l'arbre sur pied : maturation, poids propre, contraintes climatiques dans la tige standard*. Thèse de l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

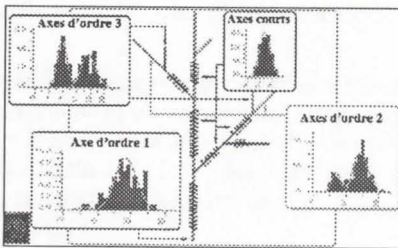


Figure 1 : Evolution des Unités de Croissance dans une architecture de type Merisier.

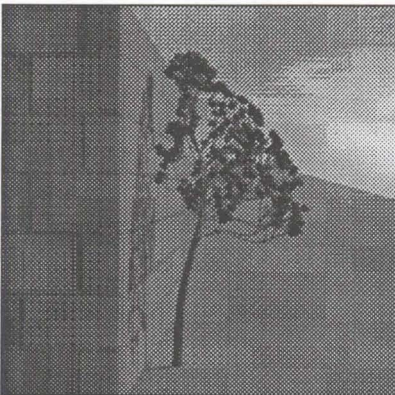


Figure 3 : Déséquilibre et redressement d'un pin.

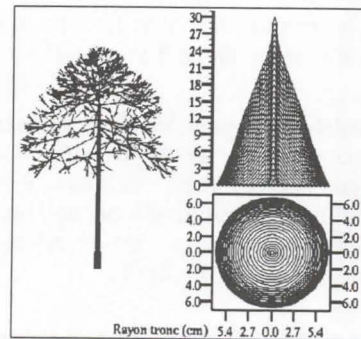


Figure 2 : Largeurs des cernes du tronc pour une diffusion uniforme des assimilats.

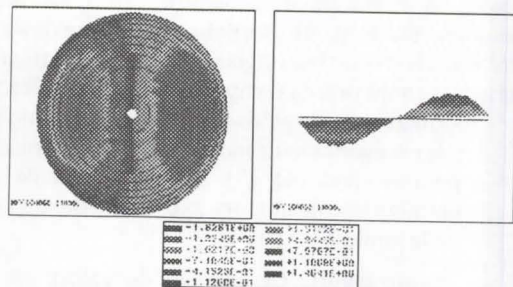


Figure 4 : Contraintes longitudinales dans une section droite du tronc.